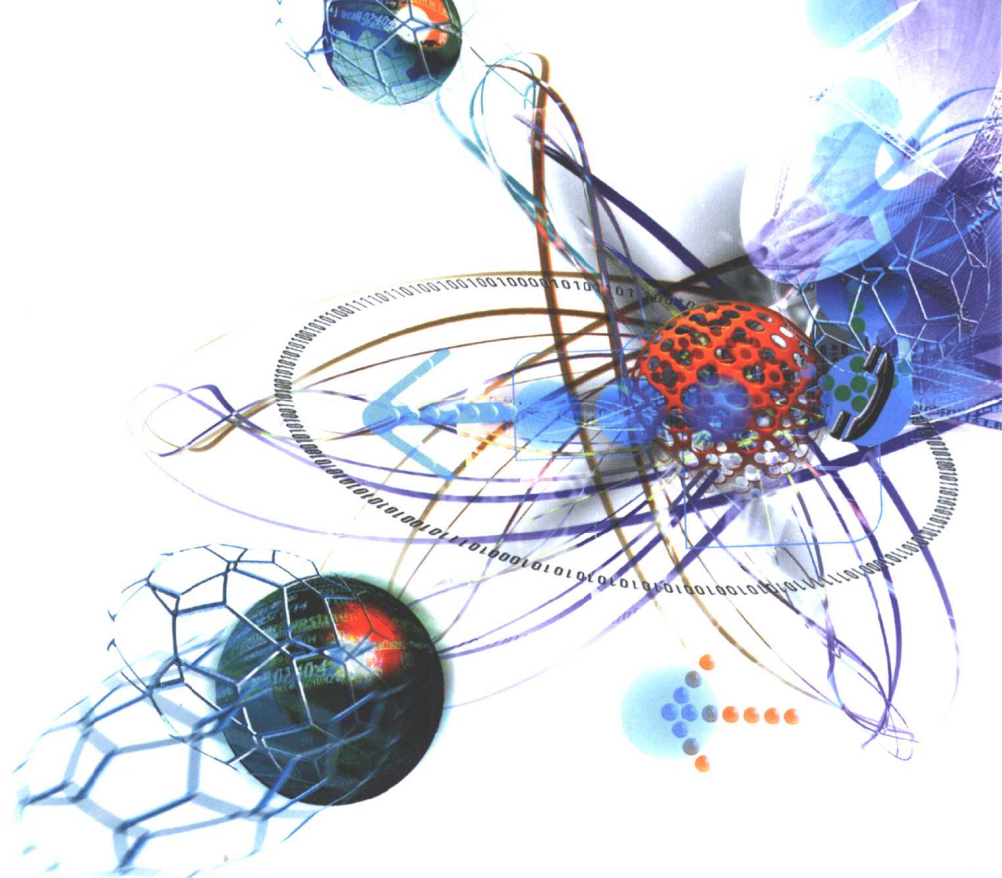




CDMA 蜂窝移动通信

袁超伟 陈德荣 冯志勇 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

CDMA 蜂窝移动通信

袁超伟 陈德荣 冯志勇 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书系统阐述了 CDMA 蜂窝移动通信的基本原理、关键技术、典型的窄带 CDMA 和宽带 CDMA 蜂窝网通信系统,比较充分地反映了现代 CDMA 蜂窝移动通信技术的现状和发展趋势。

全书分 4 个部分,共 9 章,力求基本理论紧密结合实际系统。本书内容深入浅出、图文并茂,既有系统完整的理论描述,又密切联系窄带 CDMA 和宽带 CDMA 实际系统。重点突出,内容精炼,通俗易懂。第一部分 CDMA 蜂窝网通信基础,包括发展概况、基本概念、功能、特征和结构;扩频通信的基本理论、原理、类型、特点及 CDMA 技术基础;CDMA 码序列分类、生成、性质及 CDMA 系统同步原理。第二部分 CDMA 蜂窝通信原理,包括多址技术、正/反向链路、CDMA 蜂窝移动通信关键技术及通信容量等。第三部分窄带 CDMA 移动通信系统,包括 IS-95 系统的组成、工作原理、呼叫的接续、鉴权等。第四部分宽带 CDMA 蜂窝移动通信简介,包括 3G 简介及 3G 标准化主要发展趋势;CDMA one 到 IMT-2000 演进过程;第三代移动通信的相关技术、总体要求、特点、提供的业务、无线技术、网络结构、未来高速无线数据业务传输系统等;最后分别介绍了 WCDMA 技术、CDMA2000 技术和 TD-SCDMA 技术。

本书适用于从事 CDMA 蜂窝移动通信深入研究与开发的电信工程师、工程管理人员、网络运营人员和规划设计人员,同时对在这个领域进行教学、研究、开发的教师、学生也是一本好的新技术参考书。本书既可作为教材,也适合读者自学。

图书在版编目(CIP)数据

CDMA 蜂窝移动通信/袁超伟,陈德荣,冯志勇编著. —北京:北京邮电大学出版社,2003

ISBN 7-5635-0729-9

I. C... II. ①袁...②陈...③冯... III. 码分多址 - 移动通信 - 通信系统 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 062129 号

书 名: CDMA 蜂窝移动通信

编 著: 袁超伟 陈德荣 冯志勇

责任编辑: 张学静

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

电话传真: 010-62282185(发行部) 010-62283578(FAX)

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 397 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0729-9/TN·293

定 价: 25.00 元

如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系

编者的话

20 世纪 90 年代以来,移动通信发展迅速,我国现已有移动用户 2.2 亿。CDMA(码分多址)蜂窝移动通信技术以它在系统容量、业务质量、安全性和可靠性等方面的优势倍受关注,全球已有 50 多个国家采用 CDMA 技术提供移动通信业务,我国 CDMA 移动用户已超过 1000 万户。CDMA 蜂窝移动通信是一种先进的数字通信技术,经历了从窄带 CDMA(IS-95)向宽带 CDMA 的演进,已成为第三代移动通信系统的实际应用技术。

本书的目的是引导初学者入门并了解当今移动通信的主流技术——CDMA 蜂窝移动通信技术。本书按照先易后难、先简单后复杂的思路对 CDMA 蜂窝移动通信的原理、系统的设计、实现等工作中涉及到的重要技术概念作了详尽的介绍。本书是我们在教学科研经验基础上,为移动通信新技术培训而写,主要针对 CDMA 网络运营人员、规划人员、工程管理人员、研究开发人员、大学教师、研究生及高年级大学生。

全书分四个部分,共 9 章。第 1 章概述了移动通信的发展历史,介绍了蜂窝网通信基础、多址技术等,目的是使读者对移动通信有一个大致了解,为后面具体内容的学习作准备。第 2 章介绍了扩频通信及 CDMA 信道操作所需的最基本和最实用的技术基础。目的在于分散难点,便于后面介绍系统时重点突出、结构紧凑。第 3 章为 CDMA 码序列,着重讲述了 CDMA 蜂窝移动通信中的 m 序列、Walsh 序列、Gold 序列及正交扩频比序列(OVSF)。读者不仅要熟悉码序列的产生方法,更重要的是对码序列特性有很好的理解,尤其是码序列的相关概念必须透彻地理解,这样才会明

白系统中为什么采用这些序列、目的是什么、扩频解扩怎么实现,从而有助于读者对 CDMA 系统的掌握。第 4 章阐述了 CDMA 通信原理,着重讨论了 CDMA 蜂窝移动通信中的一些关键技术及通信容量等问题,从而使读者明白 CDMA 蜂窝移动通信优势产生的主要原因。这一章是全书的核心,只有把这一章的内容理解透了,后面的窄带 CDMA 系统和宽带 CDMA 系统才能真正掌握。第 5 章涵盖了窄带 CDMA 信道全面而详细的体系结构以及对它们特性和功能的讨论。IS-95 是 CDMA 蜂窝移动通信系列标准中最先发布的标准,无论是窄带 CDMA 系统还是宽带 CDMA 系统都以 CDMA 为核心技术,因而掌握这一章不仅对现有的 CDMA 商用系统理解有用,同时对 3G 的理解也会有帮助。第 6 章和第 7 章描述的是基于高通系统的 CDMA 呼叫、接续过程及信令流程。CDMA 蜂窝移动通信与其他蜂窝移动通信的主要区别是空中接口。这两章未放在系统中一起讨论而单列的主要目的是为了读者更好的理解 CDMA 蜂窝移动通信系统,尤其是与其他系统的不同之处。第 8 章主要介绍窄带 CDMA 系统两个重要的关键技术——功率控制和软切换的具体实现过程,这样处理的目的是突出重点、分散难点,便于读者根据自己要求及需掌握的深浅程度而取舍。第 9 章宽带 CDMA 蜂窝移动通信简介,包括第三代移动通信简介,3G 标准化主要发展趋势,CDMA one 到 IMT-2000 演进过程,第三代移动通信的相关技术、总体要求、特点、提供的业务、无线技术、网络结构等,最后分别介绍了当今 3G 中的三大主流技术,即 WCDMA 技术、CDMA2000 技术和 TD-SCDMA 技术。编写这一章的目的,一方面是趁热打铁,使读者通过窄带 CDMA 与宽带 CDMA 对比学习后对蜂窝移动通信技术理解更深刻;另一方面使读者更好的了解现代 CDMA 蜂窝移动通信技术的现状和发展趋势。

如果没有曾志民教授、温向明教授的关怀与帮助,这本书是不可能完成的。在此特向他们表示衷心的感谢!在编辑和修改本书的过程中,刘鸣、黄粤二位学生的帮助是不可估量的,在此也特向他们表示真诚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2003 年 3 月于北京邮电大学

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 蜂窝网通信概论	1
1.1.1 移动通信的发展历史	1
1.1.2 我国移动通信的发展状况	7
1.1.3 蜂窝技术	8
1.1.4 蜂窝网移动通信概论	14
1.2 多址接入技术	16
1.3 CDMA 的过去、现在和将来	16
第 2 章 CDMA 技术基础	18
2.1 CDMA 技术基本原理	18
2.1.1 引言	18
2.1.2 码分多址技术基本原理	23
2.2 扩频通信系统	24
2.2.1 概述	24
2.2.2 扩频通信系统	30
2.3 卷积编码	35
2.4 块交织	40
2.5 数字信号调制	40
2.5.1 数字信号的表示	40
2.5.2 数字信号传输质量指标	41
2.5.3 调制技术	41
2.6 数据扰码	47
2.7 鉴权和加密	48
2.7.1 鉴权过程	48
2.7.2 共用保密数据	52
2.7.3 参数更新	54
2.7.4 话音保密	54
第 3 章 CDMA 码序列	56
3.1 地址码的分类和设计要求	56

3.2 Walsh 函数与 Walsh 正交码	57
3.3 伪随机码(PN)的概念	61
3.3.1 定义	61
3.3.2 移位寄存器	61
3.4 m 序列的性质	66
3.4.1 均衡性	66
3.4.2 游程特性	67
3.4.3 移位相加特性	67
3.4.4 相关特性	67
3.4.5 长 m 序列的截段码	72
3.5 Gold(戈尔德)序列	72
3.5.1 Gold 码的生成	73
3.5.2 Gold 码的性质	74
3.5.3 正交 Gold 码(偶位)	74
3.6 可变扩频比正交码(OVSF 码)	75
3.6.1 OVSF 码基本原理	75
3.6.2 范例	75
3.7 直接序列扩频通信系统的同步原理	77
第 4 章 CDMA 通信原理	81
4.1 CDMA 基本原理	81
4.1.1 多址技术的基本概念	81
4.1.2 CDMA 系统的正向链路	82
4.1.3 CDMA 系统的反向链路	85
4.2 CDMA 蜂窝网的关键技术	88
4.2.1 功率控制	88
4.2.2 信道衰落与分集接收	90
4.2.3 正交调制和正交扩频	96
4.2.4 编码技术	97
4.2.5 扇区划分技术	99
4.2.6 越区切换	100
4.3 码分系统容量	102
4.3.1 CDMA 蜂窝通信系统的容量	102
4.3.2 CDMA 与 FDMA、TDMA 蜂窝通信系统容量的比较	106
4.3.3 CDMA 软容量的比较	107
第 5 章 窄带 CDMA 通信系统	108
5.1 概述	108
5.1.1 IS-95 标准	108

5.1.2	窄带 CDMA 系统系列标准	110
5.1.3	无线信道	111
5.1.4	系统时间	113
5.1.5	CDMA 信道的结构分层	114
5.1.6	网络结构	118
5.1.7	窄带 CDMA 可提供的业务	121
5.1.8	窄带 CDMA 移动业务网编号	122
5.1.9	路由及接续	124
5.2	IS-95 CDMA 逻辑信道	125
5.2.1	窄带 CDMA 信道的结构分层	125
5.2.2	导频信道	127
5.2.3	同步信道	130
5.2.4	寻呼信道	133
5.2.5	正向业务信道	141
5.2.6	接入信道	153
5.2.7	反向业务信道	158
第 6 章	IS-95 CDMA 呼叫处理	163
6.1	移动台	163
6.2	移动台呼叫处理	164
6.2.1	移动台初始化状态	164
6.2.2	移动台空闲状态	165
6.2.3	系统接入状态	167
6.2.4	业务信道控制状态	170
6.3	基站设备	171
6.4	基站呼叫处理	173
6.5	呼叫流程图	174
6.6	鉴权	177
第 7 章	IS-95 CDMA 中信令的应用	180
7.1	接口	180
7.1.1	接口名称	180
7.1.2	空中接口(U_m)	181
7.1.3	A 接口	182
7.1.4	Abis 接口	182
7.2	移动交换中心(MSC)	182
7.3	漫游	183
7.3.1	切换信令流程	184
7.3.2	空中业务规定(OTASP)处理信令流程	185

第 8 章 IS-95 CDMA 系统中的软切换和功率控制	188
8.1 IS-95 系统中的软切换	188
8.1.1 引言	188
8.1.2 软切换的实现	188
8.2 IS-95 系统中的功率控制	190
8.2.1 正向信道功率控制	191
8.2.2 反向信道功率控制	192
第 9 章 宽带 CDMA 蜂窝移动通信简介	196
9.1 概述	196
9.2 主要标准	198
9.2.1 3G 的三大主流技术标准比较	199
9.2.2 3G 标准化的主要趋势	199
9.3 WCDMA 技术	204
9.3.1 WCDMA 系统的结构与功能	204
9.3.2 全 IP 的网络系统结构与功能	205
9.3.3 无线接口协议结构	212
9.3.4 WCDMA 信道结构	215
9.3.5 WCDMA 中的码类型及用途	218
9.3.6 同步过程	219
9.3.7 WCDMA 的频段	220
9.4 CDMA2000 技术	220
9.4.1 CDMA2000 的分层结构	220
9.4.2 CDMA one 系统简介	221
9.4.3 CDMA 2000 的主要特点	222
9.4.4 移动 IP 与 CDMA 20001X 中的分组业务	226
9.4.5 CDMA one 与 CDMA 2000 的频谱	227
9.5 TD-SCDMA 技术	228
9.5.1 概述	228
9.5.2 基本技术参数	229
9.5.3 系统构成	230
9.5.4 无线传输技术	231
9.5.5 频率分配	231
附录	233
参考文献	240

1.1 蜂窝网通信概论

1.1.1 移动通信的发展历史

移动通信的历史可以追溯到 20 世纪初。在 1895 年无线电发明之后,莫尔斯电报就用于船舶通信,它曾在 1912 年的一次海上遇难中使 695 人得救。

移动通信涉及的范围很广,凡是固定点与移动体,或者移动体之间通过无线电波进行实时的直接的通信联系,都属于移动通信范畴。按使用环境分类有:陆地移动通信、海上移动通信、航空移动通信及特殊使用环境(地上隧道、矿井、水上潜艇、太空船等);按服务对象分类有:公用移动通信(面向社会各阶层人士)、专用移动通信(为了保证某些特殊部门的通信所建立的通信系统);按移动通信的设备分类有:公用网(蜂窝状移动电话、公用无绳电话、无线寻呼、移动卫星通信、移动数据通信),专用网(专用调度电话(单信道、多信道的自动拨号移动电话系统))、集群调度电话(将各部门所需的调度业务进行统一的规划建设,实行集中管理)。

移动通信的发展,大致经历了五个发展阶段。

在 20 世纪 80 年代以前是指公用汽车电话系统。

第一阶段是从 20 世纪 20 年代至 40 年代,为早期发展阶段。其代表是 1921 年美国底特律和密执安警察厅开始使用的车载无线电系统,该系统工作频率为 2 MHz。在 1940 年期间,美国分配了 30~40 MHz 之间的频段,由调幅方式改成调频方式,增加了信道,美国联邦通信委员会(FCC)又分配了 300~500 MHz 之间的 40 MHz 带宽,供陆地上使用。

第二阶段是从 20 世纪 40 年代中期到 60 年代中期。1946 年美国的圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话系统。以后,加拿大、荷兰、西德等国陆续开设了公用汽车电话业务。此时的接续通话主要是通过话务员来完成的。在这一阶段中,网络大都属于二级结构,使用 150 MHz 和 450 MHz 频段,东欧一些国家还使用 330 MHz,信道间隔为 50~100 kHz。采用大区制,可用的频道很少;设备使用电子管,较笨重,有些系统还是人工转接。由于使用不方便、不保密、无线频谱的使用率很低,所以发展缓慢。例如,法国巴黎地区的公用汽车电话网开始建设时就是采用这种网络结构,商业上收效甚少,15 年后用户总数也只有 500 个。

第三阶段是从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期,这时出现并推广自动交换式的三级结构,使用的频段仍如从前,但由于频率合成器的出现,信道间隔缩小到 20~30 kHz,频道数目增加,并采用频道的自动选取和控制技术,众多用户可以共用无线频道,使频谱利用率有较大

的提高,用户使用方便,也增加了一些保密性,于是这种网络结构就在世界各地迅速普及。美国的改进型移动电话系统(IMTS)、德国B系统等就是在这时期建成。但由于这种系统的频谱利用率仍不够高,无法容纳日益增多的用户。美国自70年代中期以来,就是因为这个原因使得许多用户的装机申请得不到满足。德国也是因为这个原因不得不临时在用户稠密地区增加37对无线频道来应急。日本也研究这种系统,由于容量太小,商业上收效低,不适合大城市使用,因此没有能够商用。

第四阶段是从20世纪70年代中期到80年代末,主要是解决用户增加而频道有限的问题。为进一步提高频谱的利用率,提出了小区制大容量系统,即同一频率被相距足够远的几个基站使用,增加系统容量。这种系统是美国贝尔实验室最早提出来的,已实用的系统有美国的先进移动电话系统(AMPS)。1983年,首次在芝加哥投入商用。同年12月,在华盛顿也开始启用。之后,服务区域在美国逐渐扩大。到1985年3月已扩展到47个地区,约10万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式共用移动通信网。日本于1979年推出800MHz汽车电话系统(HAMTS),每个网络最大可容纳10万个用户。前西德于1984年完成C网,频段为450MHz,采用三级组网结构,在用户较少的初期采用中区制,可容纳6万个用户。用户增多后再逐步改为小区制,用户容量可增加到10万以上。英国在1985年开发出全向通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖全国,频段为900MHz。加拿大推出450MHz移动电话MTS。瑞典等北欧四国于1980年开发出北欧移动电话NMT-450移动通信网,并投入使用,频段为450MHz。

20世纪80年代,世界各国的公用汽车电话业务每年以8%~15%速度增长,是各种通信手段中增长最快的。据1984年的统计,世界上蜂窝网移动通信系统用户已达到40万用户。其中北美、日本、北欧四国、英、法、西德、苏联、意大利等国,甚至科威特、阿联酋等发展中国家都已兴建。1990年5月全世界的蜂窝网移动电话用户数已经超过820万,遍布世界各地80多个国家和地区。

第五阶段是从20世纪80年代中期开始至今。这是数字移动通信系统的发展和成熟时期。

以AMPS和TACS为代表的第一代蜂窝移动通信网是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露了一些问题,主要表现如下:

1. 现有的模拟式蜂窝系统体制混杂,不能实现国际漫游。欧洲邮电主管部门会议(CEPT)的16个成员国中共使用了7种不同的制式,工作频段有900MHz系统,也有450MHz系统;各个国家的移动业务不能相互兼容,难以实现全欧联网,无法进行自动漫游。
2. 模拟蜂窝网不能提供数据业务。通信网的发展趋势将实现向多媒体过渡。随着非话业务的发展,综合业务数字网逐步投入使用,对移动通信领域数字化要求愈来愈迫切。
3. 模拟系统设备价格高、手机体积大、电池充电后有效工作时间短,给用户带来不便。
4. 模拟系统网用户容量受到限制,在人口密度很大的城市,系统扩容困难。

模拟蜂窝网也称为第一代蜂窝网。为了克服第一代蜂窝系统的局限性,以满足移动通信网发展的需要,北美、欧洲和日本自20世纪80年代中期起相继为第二蜂窝系统制定了三种不同的标准,即北美的IS-54、欧洲的GSM和日本的JDC。

美国蜂窝电信工业公司(CTIA)于1988年发布了一个称为“用户的性能需求(UPR)”的文件。其中,对第二代蜂窝网通信系统提出的主要要求是:系统的容量是AMPS的10倍;通信质量等于或优于现有的AMPS系统;易于过渡并和现有的模拟系统兼容(双模式);先进的特征;较低的成本;蜂窝开放网络结构等。

美国的 IS-54 标准是遵循上述要求制定的,考虑到实现技术存在的困难,IS-54 需要分阶段达到 CTIA 提出的标准,即全速率传输(每载波 3 个信道)和半速率传输(每载波 6 个信道)两个阶段。与此同时,美国 Qualcomm 公司开发的 CDMA 数字蜂窝网系统也是遵循上述要求进行的,并经过几项局部的现场测试后,表明这种蜂窝系统已经能全面地满足 CTIA 提出的标准。该系统不仅具有容量大,而且还具有软容量、软切换等突出优点,因而受到人们的广泛关注。1993 年 7 月该体制被采纳为北美数字蜂窝网标准,定名为 IS-95。IS-95 的载波频带宽度为 1.25 MHz,每个载频含有 64 个信道,它能支持声码器话音和带内的数据传输,被人们称为窄带码分多址(N-CDMA)蜂窝网通信系统。与此相对应,SCS Mobilcom 公司(后与美国 IMM 公司合并成 Interdigital 公司)提出了一种宽带码分多址(B-CDMA)蜂窝网通信系统,载波带宽为 5 MHz、10 MHz 和 15 MHz 三种方案,信息传输速率可达 144 kbit/s。这一系统于 1991 年进入实验阶段,1993 年 Interdigital 公司向 JTC 提交了 B-CDMA 的技术方案。1995 年 9 月该方案通过审计,被采纳为北美蜂窝网移动通信的公用空中接口,编号为 IS-665,并把名称 B-CDMA(Broadband CDMA)改为 W-CDMA(Wide-band CDMA)。1997 年 4 月 ITU 发出通函 8/LCCE/47,征集候选标准,1998 年 9 月评估截止,1999 年 3 月完成 IMT-2000 关键参数(RKEY),2000 年 5 月最终批准,通过 IMT-2000 无线接口规范建议 M.1457(RSPC),2000 年 5 月 WRC 会议通过扩展频率。3G 的三大主流技术标准 WCDMA、CDMA2000 及 TD-SCDMA,从技术上看,第三代移动通信标准化至 2001 年 3 月已经基本完善,所需终端却还未推出,客观上延迟了第三代移动通信系统的商用实验。总之,“CDMA”正处于方兴未艾之时。

表 1-1 几种典型的模拟蜂窝状移动电话系统

国家	美国 AMPS	英国 TACS	日本 中容量	NTT 大容量	北欧 NMT-450	NMT NMT-900	德国 C-450
移动台射频率:	824 ~ 849 MHz	872 ~ 905 MHz	869 ~ 894 MHz	925 ~ 940 MHz	925 ~ 942 MHz	453 ~ 457.5 MHz	890 ~ 915 MHz
基站射频率:	917 ~ 950 MHz	870 ~ 885 MHz	870 ~ 887 MHz	463 ~ 467.5 MHz	935 ~ 960 MHz	461.3 ~ 465.74 MHz	451.3 ~ 455.74 MHz
信道数	833	1320	600	1359	180	1999	222
信道间隔	30 kHz(交叉)	25 kHz(交叉)	25 kHz	12.5 kHz	25 kHz	12.5 kHz	20 kHz
移动台 发射功率	0.6W(携带) 3W(车载)	0.6W(携带) 10W(车载)	5W	1W (车载、携带)	15W	1W(携带) 6W(车载)	15W
最大频率 偏移	± 12 kHz (音频 PM) ± 8 kHz (数据 FM)	± 9.5 kHz (音频 PM) ± 6.4 kHz (数据 FM)	± 5 kHz (音频 PM) ± 4.5 kHz (数据 FM)	± 2.5 kHz (音频 PM) ± 2 kHz/0.6 kHz	± 5 kHz (音频 PM) ± 3.5 kHz (数据 PM)	± 5 kHz (单频 PM) ± 3.5 kHz (数据 FM)	± 4 kHz (音频 PM) ± 2.5 kHz (数据 FM)
压缩扩展器	2:1	2:1	2:1	2:1		2:1	
数据信号	直接 FSK 10 kbit/s Maenchester 码	直接 FSK 8 kbit/s Maenchester 码	直接 FSK 0.3 kbit/s Maenchester 码	直接 FSK 2.4 kbit/s 100 bit/s Maenchester 码	1200bit/s NRZ 码	副载波 FSK 1.2 kbit/s NRZ 码	5.28 kbit/s NRZ 码

续表

国家	美国 AMPS	英国 TACS	日本 中容量	NTT 大容量	北欧 NMT-450	NMT NMT-900	德国 C-450
错误控制	连续发送 多数判定 BCH 码	连续发送 多数判定 BCH 码	BCH 码	BCH 码	Bagelbarger 码	Bagelbarger 码	BCH 码
交换机	ESSLA (ATT 公司)	EMX(摩托 罗拉公司) AXE10 (LME 公司)	D10 (NEC 公司)		AXB10 (LME 公司)		EWSD (西门子子公司)
开通时间	1983 年	1985 年	1979 年	1988 年	1981 年	1986 年	1985 年

表 1-2 移动通信蜂窝网主要体制演变

年 代	体制名称	国家或地区
1979 年	HCMTS	日本
1981 年	NMT-450	北欧
1984 年	AMPS	美国
1985 年	TACS	英国
1986 年	NMT-900	北欧
1987 年	C-900	德国
1988 年	ETACS/AMPS	美国, 英国
1991 年	GSM. 8CH. TDMA	欧洲
1992 年	CADN. 3CH. TDMA	美国, 日本

表 1-3 国外蜂窝网移动用户量(1987 ~ 1991 年)

国 家	用 户 数	截 止 日 期
美国	175 万	1988 年 8 月
	240 万	1989 年 8 月
	544 万	1991 年 3 月
英国	28 万	1988 年 3 月
	62.5 万	1989 年 6 月
	111 万	1991 年 3 月
日本	27.8 万	1989 年 3 月
	86.8	1991 年 3 月

续表

国 家	用 户 数	截 止 日 期
德国	6.4 万	1988 年 1 月
	11 万	1989 年 6 月
	25.1 万	1991 年 3 月
瑞典	7.7 万	1987 年 12 月
	28 万	1989 年 6 月
	46 万	1991 年 3 月
挪威	12 万	1987 年 12 月
	16.25 万	1989 年 6 月
	19.9 万	1991 年 3 月
丹麦	8 万	1987 年 12 月
	10.9 万	1989 年 6 月
芬兰	7.4 万	1987 年 12 月
	12.5 万	1989 年 6 月
	21.7 万	1991 年 3 月

表 1-4 移动通信市场分布(1990 年 1 月)

瑞典 ERIOSON	260 万
英国 MOTOROLA	175 万
美国 AT&T	98 万 只限美国国内市场
日本 NEC	45 万
北方电信 NORTHERN TELECOM	40 万
德国 SIEMENS	18 万
挪威 NOKIA	5 万

表 1-1 ~ 1-4 给出了 20 世纪 80 年代至 20 世纪 90 年代初期间,世界上几种典型的模拟蜂窝网移动电话系统。最后,按年代将蜂窝式移动通信系统发展的状况做一个简单归纳:

1921 年:美国底特律警察局使用了车载无线电通信,使用 2 MHz 频率。

1946 年:美国圣路易斯市首先建立了人工转接小容量汽车电话系统。

1949 年:FCC(美国联邦通信委员会)创立了无线电电信公司,开展移动无线电话业务,所有移动电话使用按键拨号、人工转接。

1964 年:美国改进的移动电话系统 IMTS(MJ 系列)(Improved Mobile Telephone System)投入使用。该系统自动选择频道,是工作于 150 MHz 的中容量系统。

1969 年:美国移动电话扩展到 450 MHz 频段,这种 IMTS(MK 系列)成为美国移动电话的标准。

1969 年:日本开始研制 800 MHz 蜂窝网大容量汽车电话系统 HCMTS。

1979年:美国芝加哥试验蜂窝移动电话系统运行。

1979年:日本研制的 800 MHz 大容量汽车电话系统 HCMTS 在东京使用。

1981年:由丹麦、芬兰、挪威、瑞典北欧四国研制的北欧移动电话 NMT(Nordic Mobile Telephone)系统在瑞典开通。其工作频段为 450 MHz,频道间隔为 25 kHz,基站发射功率 25 ~ 50W。利用 180 个双向信道,但容量很快饱和。接着 1986 年末引入 NMT900,工作在 900 MHz 频段,有 1999 个双向频道,频率间隔为 12.5 kHz。

1982年:欧洲邮电主管部门会议(CEPT)成立了移动通信特别小组(GSM: Group Special Mobile)对第二代蜂窝网移动电话系统进行研究。

1983年:美国在芝加哥建立了大容量的先进移动电话业务系统(AMPS: Advanced Mobile Phone Service),工作频段为 800 MHz,频率间隔为 30 kHz,基站发射功率为 45W。

1985年:英国研制的全向接续通信系统(TACS: Total Access Communications System)开始组建。当年 10 月在英国的用户已达 32 万。其使用频段为 900 MHz,频道间隔为 25 kHz,基站发射功率为 40W。

1986年:欧洲国家厂商向 GSM 提出了 8 种不同的实验方案,并在巴黎进行了现场实验和测试。

1987年:德国西门子公司研制的 C-900 系统开始使用。该系统是新一代的宽带数字化蜂窝移动电话系统,采用 TDMA 技术,可容纳 200 万个用户。

1987年:GSM 就北欧数字蜂窝移动通信系统采用窄带时分多址(TDMA)、规则脉冲激励-长期预测编码(RPE-LTP)和高斯基带滤波最小移频键控调制方式(GMSK)取得一致,并提出了主要参数。

1988年:18 个欧洲国家邮电部签署了一项谅解备忘录,上述国家承诺将 GSM 规范付诸实现。

1989年:北欧 16 个国家、美国、日本分别向 CCIR(国际无线电咨询委员会)第八研究组正式提出了各自的数字蜂窝公众陆地移动通信(DCPLMTS)的研究报告。

1989年:GSM 系统认证试验,试验内容包括无线、有线接口、通信规约、基站间与交换中心之间接口漫游模拟实验。

1990年:GSM(Global System For Mobile Communication)系统(又称为全球移动通信系统)开始预运行。

1991年:GSM 系统开始使用。

1992年:北美数字式 DAMPS 投入使用;日本数字式 DNTT 系统投入使用。

1993年:GSM 系统已覆盖澳大利亚、奥地利、比利时、丹麦、芬兰、荷兰、瑞典、瑞士、英国、法国、德国、香港、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡、新西兰、挪威、葡萄牙、巴基斯坦、西班牙、喀麦隆、塞浦路斯、卡塔尔、新加坡、土耳其、阿拉伯联合酋长国、沙特阿拉伯和中国。全球有七十多个国家已成为 GSM 系统的成员。

1994年:美国 Qualcomm 公司的 CDMA 技术奠定了北美数字蜂窝移动通信标准的基础(IS-95)。

1994年9月:韩国的第一个 CDMA 系统用于商用。

1999年:高速电路交换数据(HSCSD: High Speed Circuit-Switch Data)、通用分组无线业务(GPRS: General Packet Radio Service)等新的高速数据通信技术成为数据应用的新焦点,并投入

商用。

1999年3月:完成了IMT-2000无线接口关键参数建议(IMT-RKEY)。

1999年5月:完成了IMT-2000无线接口技术规范建议(RSPC)。

2000年5月:批准通过了IMT-2000无线接口技术规范(M.1457)。

2001年3月:第三代移动通信标准IMT-2000基本完善,所需终端还未推出,客观上延迟了第三代移动通信系统的商用试验。

近几年来,移动通信发展很快,全世界2001年5月移动用户突破了7亿,美国2000年7月26日突破1亿,中国2001年8月15日突破1亿。到现在为止,全世界已有10亿多用户。中国已达2.2亿用户,其中中国联通用户约达7000万。全国移动电话普及率约达到15%。

1.1.2 我国移动通信的发展状况

1987年我国第一个模拟网在广东珠江三角洲开通,采用的体制为TACS。随后北京、秦皇岛、上海相继组建模拟移动电话系统,年增长率一直超过100%;1994年11月开始组建GSM数字网;1998年模拟用户开始下降;2001年7月关闭模拟网;到2001年11月底,移动用户约达到1.4亿户,其中中国联通用户约达4000万。

表1-5给出了到2002年中国蜂窝移动用户发展情况。

表 1-5 中国蜂窝移动用户发展情况(单位:万)

年 份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
中国移动总用户数	156.78	362.94	684.81	1325	2357	4324	8526	14100	20037
中国移动模拟用户数	150.04	347.27	520.7	640.3	626.8	459	250		
中国移动数字用户数	6.74	15.67	164.11	683	1729.8	7829	6400	10050	12929.8
中国联通 GSM 移动用户数		3	10	40	141	521	1850	3930	5400
中国联通 CDMA 移动用户数								120	701.2

表 1-6 中国蜂窝移动电话用户预测结果(单位:万)

年 份	2003	2004	2005
中国移动总用户数	23000	28000	34000
中国移动数字用户数	15000	18300	21200
中国联通 GSM 移动用户数	6100	6300	6400
中国联通 CDMA 移动用户数	1900	3400	5400

从市场发展趋势分析,可以预见我国的蜂窝移动电话市场还会在一定时期内保持较高的增长速度,并逐渐向移动发展阶段过渡。“十五”期间,我国的移动数据用户规模将达到0.45~0.5亿,其中,宽带用户达到400~450万。

从网络发展目标分析,到 2005 年,移动通信网覆盖全国所有县市以及绝大部分交通干线、旅游区。数据通信网络覆盖全国所有中心城镇。网络接通率达到 95% 以上;全国的等效语音信道数将达到 2000 万左右,网络交换容量达到 3.64 亿户左右;建成适应各种业务发展需要的客服、计费、结算与信息系统和 NO.7 信令网、网管网和同步网等支撑网。

从技术发展目标分析,“十五”期间,GSM 和 CDMA 仍将是网络的主流。在现有网络的基础上,完善网络覆盖、增强网络业务提供能力,是技术发展的重点。优化网络、提高运行质量和服务质量,将成为工作的重点之一。考虑到移动通信业务也将由话音扩展到数据业务的情况,因此,加强移动数据网建设,尤其是根据市场需求加快二代网的建设,以提供多种速率的移动数据业务,开展丰富的特色服务,是技术发展的重要方面。第三代移动通信系统的网络 and 业务的试验工作将积极进行,根据技术的成熟程度,适时引入第三代移动通信系统,实现移动网络由第二代向第三代的升级,提供以移动数据多媒体业务为主要特征的第三代业务,促进我国移动通信发展水平的全面提高;与此同时要关注第四代移动通信的技术发展。

从业务发展目标分析,“十五”期间,随着移动通信技术的进步,新移动运营商的出现,移动通信领域的竞争越来越激烈,竞争的手段和方式也会由最初的、最简单的价格战向比服务质量、比综合业务的深层次发展。因此,努力拓展业务领域,积极向一个综合业务运营商角色转变已成为目前各个移动运营商思考的重点。同时,移动通信与其他业务领域(如固定网、因特网)的相互融合和相互渗透已经成为一种必然。总体上讲,“十五”期间移动通信领域的业务发展策略主要包括:①语音业务仍是移动通信领域的基本业务,是各运营商收入的主要来源。②预付费业务和灵活的资费套餐业务是吸引新用户的有效手段。③IP 电话业务成为长途电话领域引入竞争、提高长话收入的有效手段。④移动智能业务是运营商丰富业务种类、开拓市场空间、提高服务水平、增加业务收入的主要手段。⑤短消息、移动数据和移动因特网开始逐步成为移动业务领域的热点。⑥新业务应用具有良好的应用前景。

1.1.3 蜂窝技术

无线移动传输的传统方法借鉴于广播和电视,是在覆盖区域的中心位置设置具有较高天线的大功率发射机将信号发射至整个区域。这种方式可以覆盖较大的区域,达几十公里,但单个无线的发射机只能到达一定的区域,这就很难适应大区域通信的要求。同时这也意味着可供使用的信道,在呼叫量并不多的时候就会阻塞。1970 年,纽约市开通的大区制贝尔移动通信系统,提供 12 对信道,也就是说,能够同时提供 12 个用户同时通话,当第 13 个呼叫到来时就被阻塞。而纽约市面积达一千多平方英里,当时人口有两千万,作为公用系统来说,其容量是远远不够的。为了解决有限频率资源与大量用户的矛盾,可以采用小区的覆盖方式。对服务区域呈线状的,可采取链状网;而对一般的服务区而言,均采用六边形的蜂窝网格式。蜂窝的概念在处理覆盖区问题上与大区制是不同的。它放弃了中心广播的方法,而将整个服务区划分为许多较小的区域,用许多小功率的发射机来覆盖每个小的区域,这样的区域称为蜂窝小区(cell),许多小区就可以覆盖整个服务区了。从理论上讲,我们可以给每个小区分配不同的频率,但这样需要大量的频率资源,并且频谱利用率很低,为了减小对频率资源的需求和提高频谱利用率,我们需将相同的频率在相隔一定距离的小区中重复使用,只要使用相同频率的小区之间干扰足够小即可。